

Министерство образования и науки Российской Федерации Муниципальное  
образовательное учреждение «Тверской лицей»

## **Исследовательская работа**

**по физике**

**Т Е М А   Р А Б О Т Ы**

**«Автомат - нивелир»**

Секция: физика

Выполнил ученик 11-2 класса

Силин Глеб Андреевич

Руководитель

Крючина Наталья Марковна

**Тверь**

2019

<b>Оглавление</b>	
<b>Введение</b> .....	2
<b>Актуальность</b> .....	2
<b>Цель</b> .....	2
<b>Задачи</b> .....	2
<b>История нивелирования</b> .....	3
<b>Сущность нивелирования</b> .....	8
<b>Классификация нивелиров</b> .....	11
1) По устройству .....	11
2) По точности .....	11
<b>Устройство нивелира</b> .....	12
<b>Специфика работы с геометрическим нивелиром</b> .....	13
<b>Общая концепция автомата-нивелира</b> .....	16
<b>Сборка корпуса</b> .....	17
<b>Установка двигателей</b> .....	17
<b>Управление</b> .....	18
<b>Исследовательское оборудование</b> .....	18
<b>Обработка данных</b> .....	19
<b>Оценка погрешности</b> .....	19
<b>Заключение</b> .....	20
<b>Используемая литература</b> .....	21
<b>Приложение</b> .....	22

## **Введение**

Важную роль в нашей жизни играет геодезия. Геодезией называется отрасль производства, связанная с определением пространственных характеристик местности и искусственных объектов. Применяется для координатного обеспечения картографии, строительства, землеустройства, кадастра, горного дела, геологоразведки и других областей хозяйственной деятельности. В ходе геодезических работ применяется множество разнообразных операций. Одной из таких операций является нивелирование – определение превышения точек поверхности над принятой отсчетной поверхностью.

## **Актуальность**

Может возникнуть ситуация, когда нужно очень подробно узнать рельеф поверхности, но точностью измерений можно в некоторой степени пожертвовать, например, при создании сложного рельефа ландшафтным дизайнером. Для таких измерений актуально создать автоматического робота-нивелира.

## **Цель**

Создать робота-нивелира для автоматического исследования рельефа.

## **Задачи**

- 1) Собрать информацию по нивелированию и геодезии
  - a) Найти информацию по истории нивелирования
  - b) Выяснить сущность нивелирования
  - c) Найти классификацию нивелиров
  - d) Узнать устройство типичного нивелира
  - e) Узнать специфику работы с геометрическим нивелиром
- 2) Изложить идею автомата в общих чертах
- 3) Собрать корпус автомата
- 4) Установить двигатели
- 5) Обеспечить управление автоматом

- 6) Снабдить автомат исследовательским оборудованием
- 7) Создать метод обработки собранных данных
- 8) Оценить погрешность

## **История нивелирования**

Сер. 3-го тыс. до н. э. Появление мерной веревки (шеста), земельного креста, ватерпаса, водного нивелира, водных нивелирных устройств.

Около 2200 лет до н. э. На берегах Нила заложен каменный футшток, сохранившийся до наших дней.

I в. до н. э. Герон Александрийский написал труды по математике, механике и об автоматах. Ввел термин «простые машины». В «Метрике» дал первое изложение приемов вычислительной геометрии. Дал перечень 17 задач практической геометрии, составил область применения геодезических знаний в человеческой деятельности. В книге «Диоптра» дал описание геодезических приборов под общим названием диоптры.

I в. до н. э. Витрувий написал трактат «Десять книг об архитектуре», в котором дал описание геодезических инструментов и геодезических технологий, использовавшихся при изыскании и строительстве городов и различных сооружений (храмов, дворцов и т.п.).

1666 г. Шапоти (Франция) в изданной книге впервые предложил использование цилиндрического уровня.

1670 г. Тевенот (Франция) впервые применил воздушный пузырек в уровне.

1775 г. Начало использования спирта в уровне вместо воды.

1-я половина XIX в. Во всех европейских странах (и в России) в триангуляции стали использовать тригонометрическое (геодезическое) нивелирование.

Первым в России этот метод стал применять Теннер К.И.

1840 г. В Москве открыто «Заведение» Швабе – по производству геодезических приборов; позже стала фабрикой по изготовлению геодезических приборов. Середина XIX в. Симон Штампфер разработал методику и специальный прибор для нивелирования наклонным лучом.

1859 г. Г.К.Брауэром в Пулковской мастерской изготовлен первый нивелир-теодолит (конструкция Э.И.Форша); измерялись горизонтальные (5-10") и вертикальные (2-4") углы.

1873 г. Д.И.Менделеевым впервые в мире предложен дифференциальный барометр для определения превышений, за который ему присуждена медаль на Парижской географической выставке в 1875 г.

В 1876 г. им опубликована «О барометрическом нивелировании и применения для него высотомера». Высотомер изготовлен в 1874 г. Г.К.Брауэром.

1883 г. В механических мастерских Военно-топографического Отдела изготовлена первая партия нивелиров «ВТО-II» конструкции Д.Д.Гедеонова с уровнем при трубе. Нивелиры использовались в Корпус военных топографов и других организациях до 1940г.

1883 г. Д.Д.Гедеоновым разработана новая «Инструкция для производства точных нивелировок»; предусматривалось использование нивелира с уровнем при трубе; обеспечивалась точность 3мм на 1км хода, а систематической 0,5мм; инструкция действовала до 1913г. 1908 г. На Покровке, налажен выпуск массовых теодолитов и нивелиров технической точности фирмой, которая через два года стала называться «Оптико-механический институт М. Таубер, К. Цветков и К<sup>о</sup>». 1914 г. Профессор П.М. Орлов изобрел «нивелир с двумя визирными осями», что незамедлительно реализовал «Оптико-механический институт М. Таубер, К. Цветков и К<sup>о</sup>». Заявка подана 23 июня 1914г., привилегия получена 31 января 1917г. 1916 г. Зарегистрировано изобретение гидролокатора, разработанное русским изобретателем К.В. Шиловским и французским физиком П. Ланжевенном.

1928 г. Изготовлен и прошел испытания нивелир-автомат системы Ф.В. Дробышева.

1935 г. Романовским Г.В. в ЦНИИГАиК разработан топографический высотомер – ТОРС.

1935 г. В СССР на заводе «Аэрогеоприбор» был разработан и изготовлен прецизионный нивелир с мощной зрительной трубой, не уступавший зарубежным образцам.

1935 г. март. Выпущены первые пробные образцы прецизионных нивелиров, изготовленные заводом «Аэрогеоприбор».

1935 г. март. Выпущены первые пробные образцы прецизионных нивелиров ПН-3 и астрономического 5-секундного универсала У-5, изготовленные заводом «Аэрогеоприбор».

1936 г. Созданы первые высокоточные астрономо-геодезические приборы заводом «Аэрогеоприбор» — триангуляционные теодолиты, точные нивелиры и др.

1937 г. Дифференциальный барометр-высотомер Менделеева получил второе рождение в виде «статоскопа» — самолетного барометра для определения разности высот аэрофотографирования.

1937 г. Создан первый безуровенный нивелир с самоустанавливающейся линией визирования (СССР).

1939 г. В конце 1930-х гг. дифференциальный барометр-высотомер Менделеева получил второе рождение в виде «статоскопа» — самолетного барометра для определения разности высот аэрофотографирования.

1947 г. В мастерских ЦНИИГАиК изготовлен опытный экземпляр первого отечественного нивелира с самоустанавливающейся линией визирования — НСС, конструкция Г.Ю. Стодолкевича.

1948 г. Инженер Г.Ю. Стодолкевич заявил нивелир, выпускавшийся заводом «Аэрогеоприбор» под шифром НС-2. Визирная ось нивелира его конструкции самоустанавливалась с помощью жидкостного уровня, изображение края пузырька которого вводилось в поле зрения трубы и служило индексом для отсчитывания по рейке. В 1952 г. Стодолкевич заявил новый нивелир — «высотомер». К обычной трубе нивелира крепился «поплавок на ртути с индексом».

1950 г. В 1950-е гг. Московским заводом «Аэрогеоприбор» стали выпускаться нивелиры НБ, под шифром НПБ-Б2; в 1960-е гг. киевским «Арсеналом» выпускаются нивелиры НА-1 и Н-1; в 1970-е гг. Изюмским приборостроительным заводом выпускается нивелир Н-2, впоследствии Н-05. Московским заводом «Аэрогеоприбор» стали выпускаться нивелиры НБ, под шифром НПБ-Б2; в 1960-е гг. киевским «Арсеналом» выпускаются нивелиры НА-1 и Н-1; в 1970-е гг. Изюмским приборостроительным заводом выпускается нивелир Н-2, впоследствии Н-05.

1953 г. Согласно ГОСТ 10528-90 на геодезические инструменты выпускается три группы нивелиров: высокоточные, точные и технические.

1954 г. На заводе «Аэрогеоинструмент» Б.В. Фефиловым (1875-1962) и В.А. Белициным разработан и изготовлен нивелир НБ оригинальной конструкции со зрительной трубой, внутри которой помещена плоско-параллельная пластинка.

1955 г. В ЦНИИГАиК разработаны радиовысотомеры РВТД и в 1959г. – РВТД-А (вторая модель), выпускавшиеся научно-исследовательскими мастерскими ЦНИИГАиК; до 1977г. использовались всеми аэросъемочными самолетами СССР.

1958 г. Разработана (1958-1961гг.) во ВНИМИ насадка ДНР-06, позволявшая по рейке сразу отсчитывать величины горизонтальных проложений (редуцировать наклонные расстояния), в отличии от первой серии ДАР-100 дополнена оптическим клином в виде свободно подвешенного маятника-компенсатора.

В 1960-е гг. многие нивелиры с компенсаторами получали в своих обозначениях-шифрах добавочные две буквы – «Ко». Впоследствии приставка «Ко» исчезла, компенсатор стал почти обязательным элементом современного нивелира, постепенно и «архитектура» большинства конструкций также вернулась в «горизонтальное русло».

1963 г. Первая редакция ГОСТ 10528-90 (фактически самый первый государственный стандарт по геодезическим инструментам) – выпускаются три группы нивелиров: высокоточный, точный и технический.

1965 г. Согласно ГОСТ №11158 наиболее распространены типы нивелирных реек – цельные, складные, телескопические, деревянные, металлические.

1966 г. В ЦНИИГАиК создан самолетный радиовысотомер «РДС», выпускавшийся ЭОМЗ; с 1967г. широко используется на топографо-геодезических работах в системе ГУГК при создании и обновлении топографических карт.

1974 г. Отечественной промышленностью начат серийный выпуск оптических авторедукционных тахеометров-высотометров (ТД), предназначенных для измерения горизонтальных углов и горизонтальных проложений сторон в полигонометрии I и II разрядов и в теодолитных ходах.

1975 г. Институтом геотехнической механики АН УССР и Рижским опытным заводом «Гидрометприбор» разработаны: портативный переносной микробарометр с цифровым отсчетом МБЦМ-113; компенсационный фотоэлектрический микробарограф КФМБ; универсальный микробарограф М-75 для измерения и для непрерывной регистрации атмосферного давления.

1976 г. Утверждены Госстандартом СССР: ГОСТ 21830-76. Приборы геодезические. Термины и определения; ГОСТ 21667-76. Картография. Термины и определения; ГОСТ 22268-76. Геодезия. Термины и определения; ГОСТ 10528-76. Нивелиры. Технические условия.

1976 г. Отечественной промышленностью начат серийный выпуск нивелиров с самоустанавливающейся линией визирования и горизонтальным кругом НКС, предназначенный для определения превышений при техническом нивелировании со средней квадратической погрешностью 15мм на 1км одинарного хода и для измерения горизонтальных углов с точностью 6'.

1976 г. До принятия ГОСТа 10528-76 отечественные нивелиры с самоустанавливающейся осью визирования обозначались буквой «С»

(самоустанавливающийся), после 1976г. – буквой «К» (компенсаторный), буквой «Л» обозначалось наличие лимба.

1977 г. Утверждены Госстандартом СССР: ГОСТ 10528-76. Нивелиры; ГОСТ 11158-76. Рейки нивелирные; ГОСТ 21830-76. Приборы геодезические. Термины и определения; ГОСТ 22549-77. Дальномеры двойного изображения; ГОСТ 21667-76. Картография. Термины и определения; ГОСТ 22651-77. Приборы картографические. Термины и определения.

1991г. В связи с потерей Россией своего основного завода по изготовлению нивелиров (завод в г. Изюме ныне на территории Украины) их производство налажено на Уральском оптико-механическом заводе в Екатеринбурге, ранее специализировавшегося на производстве теодолитов и дальнометров.

1997 г. При определении высот объектов геолого-геофизических наблюдений «Инструкцией по топографо-геодезическому и навигационному обеспечению геологоразведочных работ» рекомендуется применять гидростатические нивелиры с механическими и электронными преобразователями.

## **Сущность нивелирования**

Нивелированием называют определение превышений между отдельными точками земной поверхности с последующим вычислением их высот над принятой отсчетной уровенной поверхностью. Если высоты точек вычислены относительно основной уровенной поверхности (уровня Балтийского моря), их называют абсолютными высотами. Если они вычислены относительно другой, условно взятой поверхности, их называют условными. Нивелирование производят для изучения рельефа местности с целью построения профилей и топографических планов (карт), а также определения разности высот отдельных точек при проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений: каналов, плотин, водохранилищ и др.

Различают следующие методы нивелирования: геометрический, тригонометрический, физический, механический, стереофотограмметрический.

Геометрическое нивелирование выполняют горизонтальным лучом визирования. При этом используют нивелир и рейки. Тригонометрическое нивелирование выполняют наклонным лучом визирования. Измерив угол и расстояние  $d$  между точками, превышение вычисляют по тригонометрическим формулам.

Физических методов нивелирования несколько. При этом используют определенные закономерности природных явлений. Сюда относят барометрическое, гидростатическое, радио и звуковое нивелирование.

Барометрическое нивелирование основано на определении атмосферного давления при помощи барометра, которое изменяется в различных по высоте слоях атмосферы.

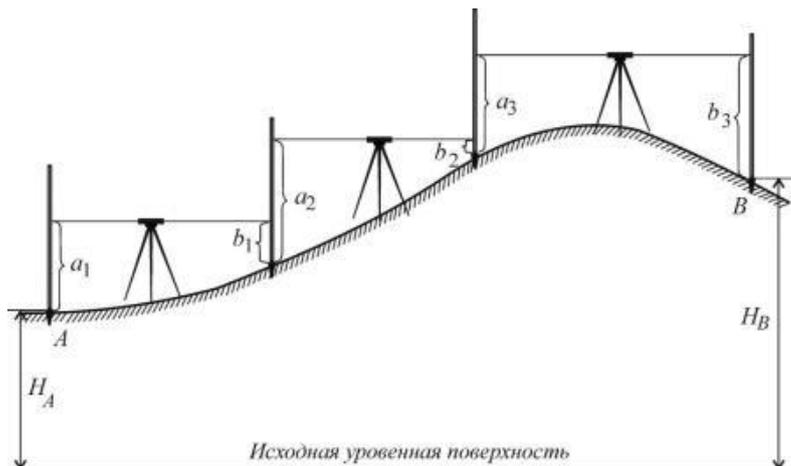
Гидростатическое нивелирование основано на законе равенства уровня жидкости в сообщающихся сосудах.

Механическое нивелирование выполняют нивелирами-автоматами, установленными на движущемся транспорте (автомашине, велосипеде), они позволяют автоматически вычерчивать профиль пройденного пути.

Стереофотограмметрическое нивелирование применяют при наземной съёмке и аэросъёмке. Здесь высоты точек определяются по измерениям на стереоснимках.

Определение превышений и высот точек с помощью спутниковых измерений. Автономное определение высот точек аппаратурой ГЛОНАСС и GPS выполняется с точностью нескольких метров, а определение превышений между точками с точностью 10-15 мм.

Сущность нивелирования заключается в следующем. Для вычисления превышения точки В над точкой А ( $h_{AB}$ ) надо проложить нивелирный ход, т.е. измерить превышения  $h_1 h_2 \dots h_n$ .



Если точки А и В, расположены так, что измерить между ними

превышение с одной установки нивелира невозможно, превышение измеряют по частям.

Превышения внутренних участков хода вычисляют по формулам:

$$h_1 = a_1 - b_1; \quad h_2 = a_2 - b_2; \quad h_3 = a_3 - b_3.$$

Превышение между конечными точками хода А и В равно сумме вычисленных превышений

$$h_{ab} = h_1 + h_2 + h_3$$

Часть нивелирного хода между двумя прочно закрепленными точками называют секцией. Если нивелируют линию между двумя точками, высоты которых известны, то теоретическую сумму превышений между этими точками получают:

На точность определения превышений геометрическим, а также и тригонометрическим методами влияют кривизна Земли и рефракция (искривление светового луча при прохождении его через слои воздуха различной плотности). Поэтому к превышению прибавляют поправку за кривизну Земли и рефракцию по формуле:

$$0,43 \frac{d^2}{R}$$

где  $d$  – расстояние между точками А и В;  $R$  – средний радиус Земли,  $R = 6\,371$  км.

## Классификация нивелиров

### 1) По устройству

*Нивелиры с уровнем при трубе* снабжены точным цилиндрическим уровнем, приводимым для измерений вместе со зрительной трубой в горизонтальное положение вручную (Н-3, Н-05, 3Н5Л).

*Нивелиры с компенсатором угла* наклона отличаются наличием устройства, автоматически приводящего визирную ось зрительной трубы в горизонтальное положение. Компенсатор работает в пределах 12 - 15, поэтому прибор предварительно устанавливают в рабочее положение по круглому уровню (Н-3К, 3Н2КЛ).

*Нивелиры с оптическим микрометром* (Н-05) имеют перед объективом стеклянную пластину, повороты которой вокруг её горизонтальной оси смещают лучи света параллельно самим себе. Это позволяет наводить визирную ось точно на штрих рейки. Величина смещения измеряется оптическим микрометром, чем достигается высокая точность отсчёта по рейке.

*Лазерные нивелиры* излучают видимый пучок света. Отсчёт берут по световому пятну на рейке.

*Цифровые нивелиры* автоматически формируют отсчёт по рейке, шкала которой представляет собой штриховой код. Снабжены компенсатором угла наклона. Отсчёты по рейке регистрируются на магнитном носителе (SDL30M, Япония).

### 2) По точности

В зависимости от величины средней квадратической погрешности ( $m_h$ ) измерения превышения на 1 км двойного хода, нивелиры делят по точности на высокоточные, точные и технические.

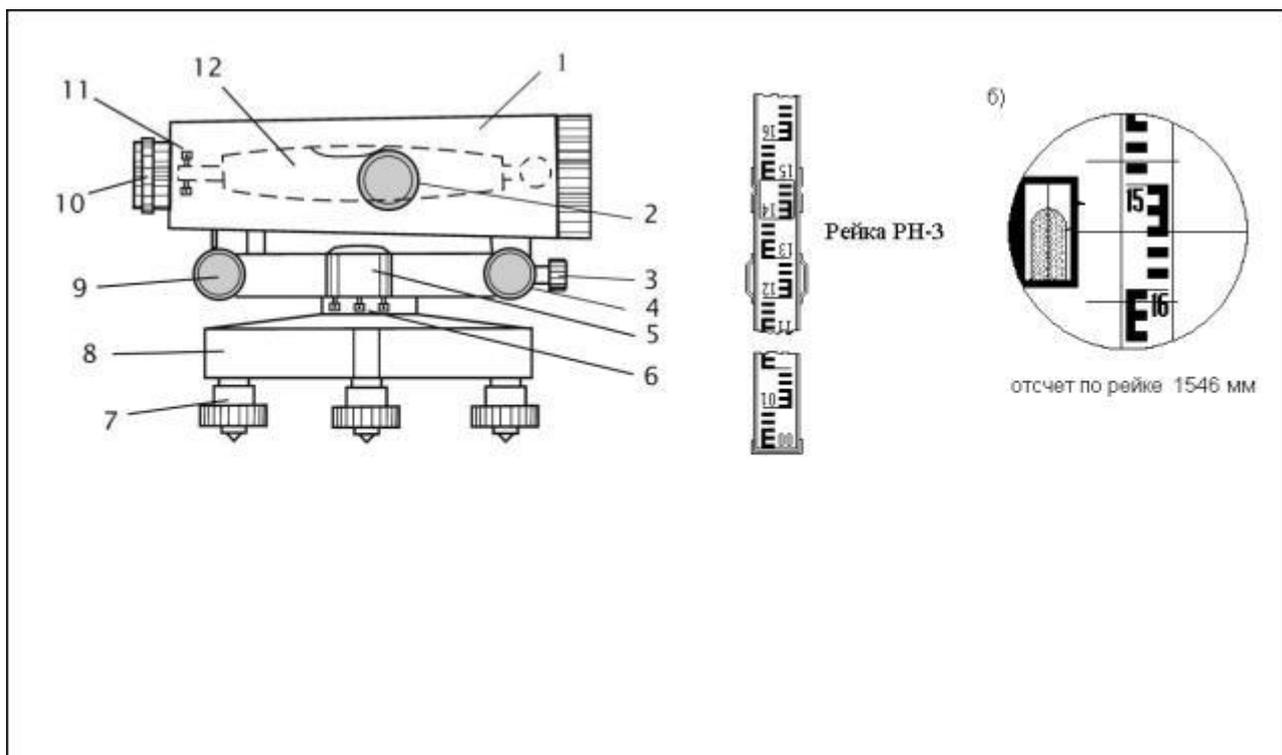
Тип нивелиров	Погрешность	Примеры устройств
---------------	-------------	-------------------

Высокоточные	mh 0,5 мм	Н-05(Россия), PL1 (Япония)
Точные	mh 3 мм	ЗН2КЛ, Н-3, Н- ЗК(Россия), С300 (Япония), DSZ3 (Китай)
Технические	mh 5 мм	ЗН5Л (Россия), АТ20D (Китай)

## Устройство нивелира

Рассмотрим устройство точного нивелира Н-3 с уровнем при зрительной трубе. Для выполнения измерений нивелир Н-3 устанавливают на штативе и подъёмными винтами<sup>7</sup> приводят в нуль-пункт пузырёк круглого уровня 5. Пользуясь закрепительным 3 и наводящим 4 винтами, наводят зрительную трубу на рейку. Вращением диоптрийного кольца окуляра 10 фокусируют трубу «по глазу» и вращением фокусирующего винта 2 – «по предмету». В поле зрения трубы будут видны штрихи сетки нитей, изображение нивелирной рейки и в отдельном окошке - изображения двух половинок цилиндрического уровня.

Вращая элевационный винт 9, изменяют наклон трубы 1 и цилиндрического уровня 12, приводят ось уровня в горизонтальное положение.



1 - зрительная труба; 2 - фокусирующий винт зрительной трубы; 3 – закрепительный винт; 4 – наводящий винт; 5 – круглый уровень; 6 – исправительные винты круглого уровня; 7 – подъёмные винты; 8 - подставка; 9 – элевационный винт; 10 – окуляр с диоптрийным кольцом для фокусировки трубы по глазу; 11 - исправительные винты цилиндрического уровня; 12 - цилиндрический контактный уровень.

а) - Нивелир Н-3; б) - поле зрения трубы нивелира

Ось уровня горизонтальна, если пузырёк находится в нуль-пункте, на что указывает совмещение концов изображений половинок уровня в поле зрения трубы. Отсчёт берут по среднему штриху сетки нитей. На б отсчёт по рейке равен 1449 мм.

## Специфика работы с геометрическим нивелиром

Геометрическое нивелирование выполняют двумя способами: «вперёд» и «из середины».

При нивелировании «вперед» нивелир устанавливают над точкой А и измеряют (обычно с помощью рейки) высоту прибора. В точке В, высоту которой требуется определить, устанавливают рейку. Приведя визирную ось нивелира в горизонтальное положение, берут отсчет  $b$  по черной стороне рейки. Как видно из рисунка превышение

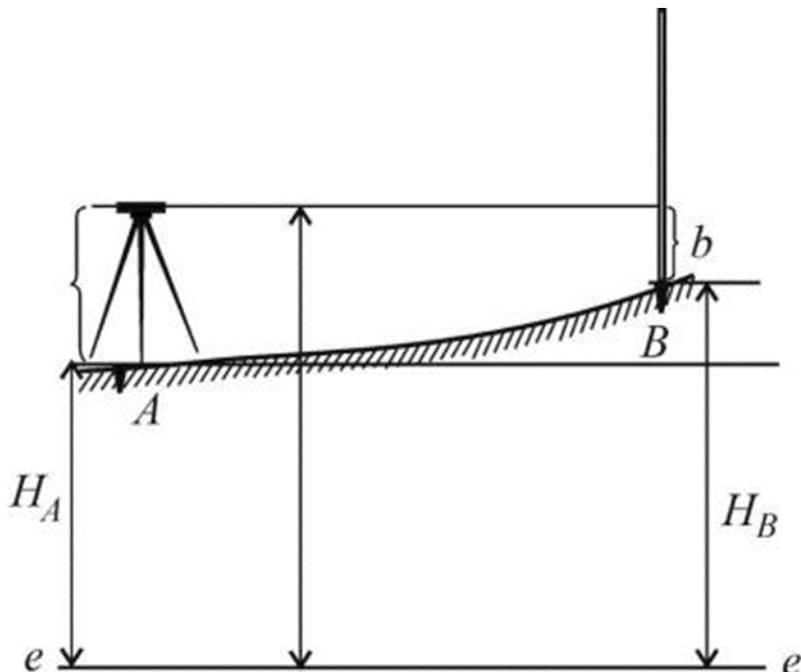
$$h = I - b;$$

Отметку точки В ( $H_B$ )

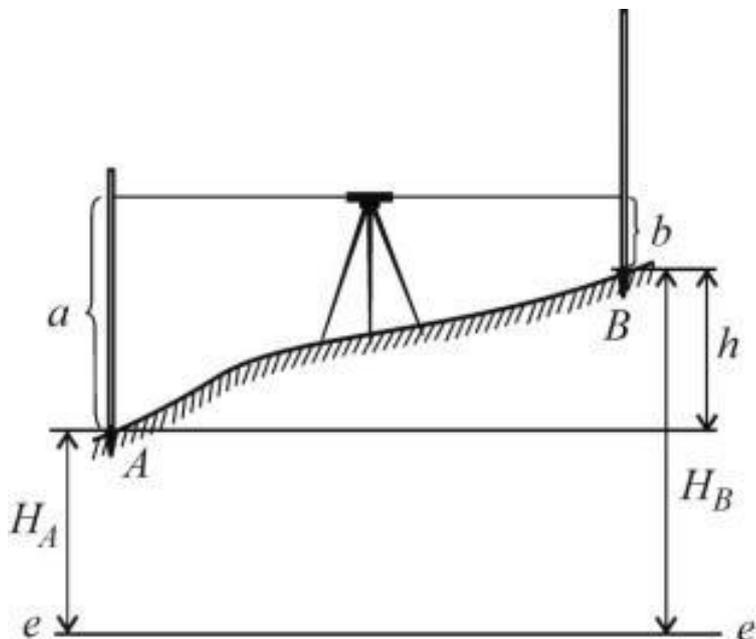
вычисляют:

$$H_B = H_A + h_{AB}.$$

$e$  – урoвненная поверхность



При ведении нивелирования «из середины» на точки А и В ставят рейки, а между ними – нивелир. После установки нивелира в горизонтальное положение вначале наводят на заднюю рейку, стоящую в точке А, а затем на переднюю (точка В). Превышение при нивелировании «из середины» равно отсчёту на заднюю рейку минус отсчет на переднюю рейку.



$$h_{AB} = a - b = 3 - II;$$

$$H_B = H_A + h_{AB}.$$

Превышение считают положительным, если местность при движении вперёд повышается, и, наоборот.

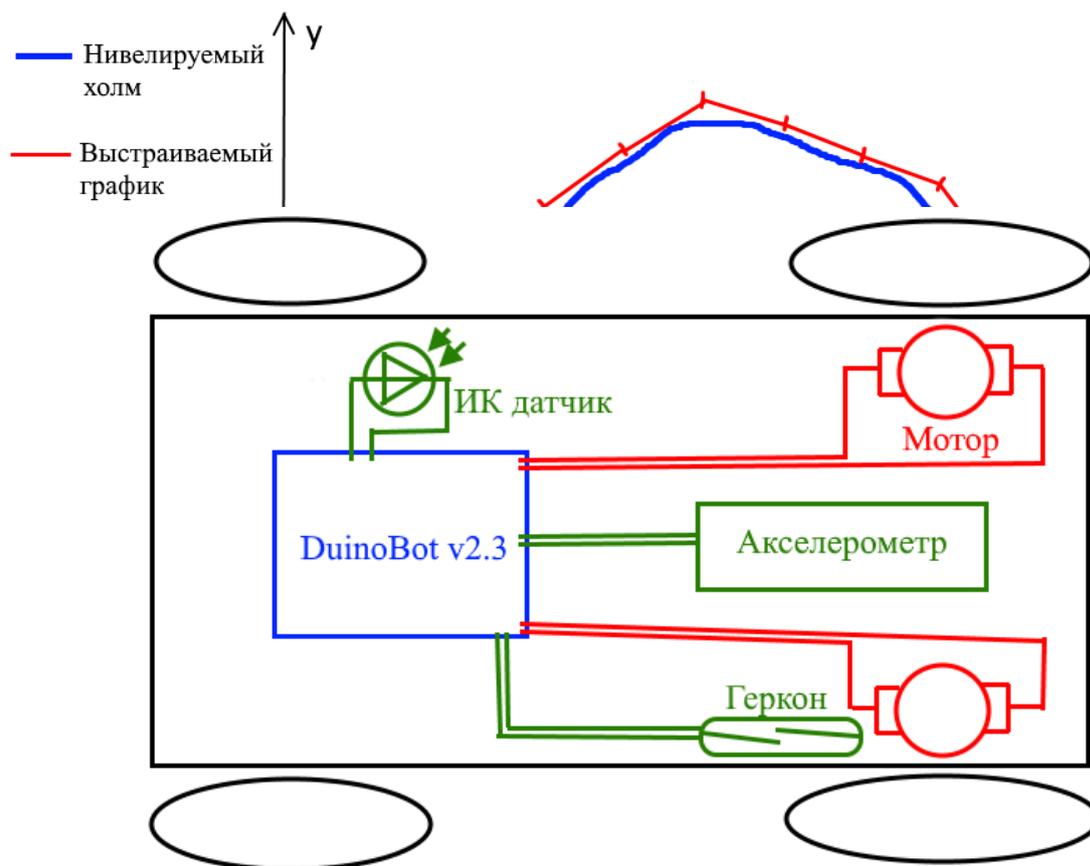
Способ «из середины» по сравнению со способом «вперёд» имеет ряд преимуществ, которые обеспечивают более высокую точность и производительность:

- ❖ место установки нивелира выбирается произвольно.
- ❖ не требуется измерять высоту нивелира.
- ❖ расстояние между нивелируемыми точками можно взять вдвое больше, чем при нивелировании по способу «вперёд».
- ❖ расстояние между нивелируемыми точками можно взять вдвое больше, чем при нивелировании по способу «вперёд».
- ❖ при равных расстояниях нивелира до реек практически исключаются ошибки: от не горизонтальности визирной оси; от влияния кривизны Земли и рефракции.

Очевидно, что получить таким способом подробный план небольшого участка рельефа – это весьма трудоемкая задача. Поэтому будет разумно создать небольшой автомат-нивелир для подробного исследования рельефа малых (порядка 100\*100 м) участков местности.

## Общая концепция автомата-нивелира

Автомат будет представлять собой небольшую машинку с установленным на неё акселерометром. При езде по прямому нивелирному ходу показания акселерометра будут записываться в карту памяти через каждый оборот колеса. Затем по этим показаниям будет выстраиваться график, показывающий рельеф нивелируемого холма.



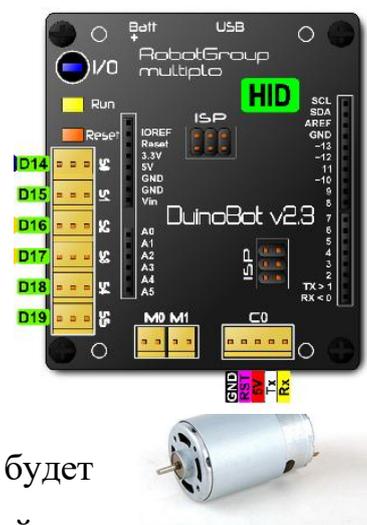
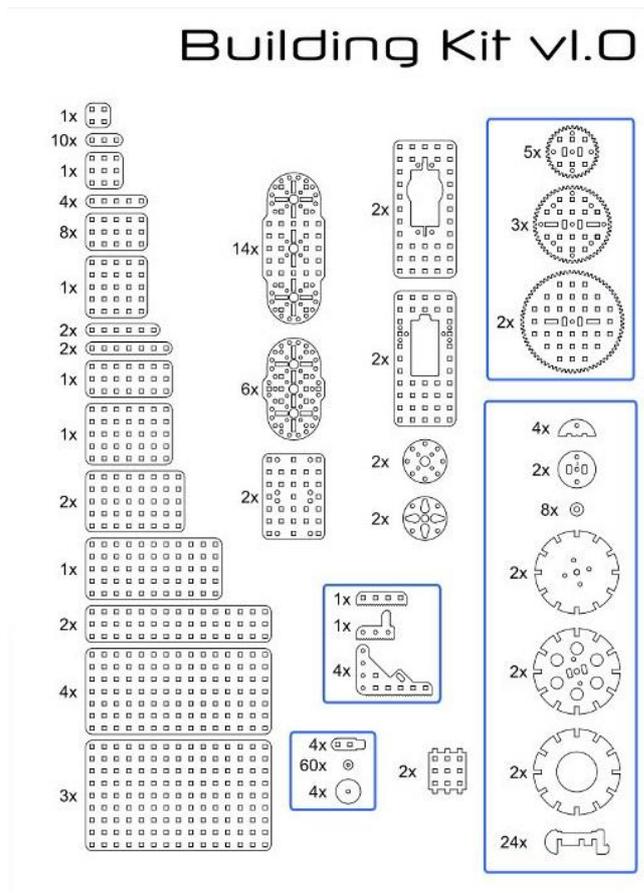
Автомат будет содержать микроконтроллер DuinoBot v2.3, два коллекторных двигателя, акселерометр, геркон, карту памяти, датчик инфракрасного излучения.

## Сборка корпуса

Корпус собирается из конструктора для любителей робототехники Multiplo. Днище состоит из двух крупных пластин. По бокам к ним с помощью металлических уголков прикрепляются длинные узкие пластины в качестве стенок. Оси передних колес представляют собой металлические шкивы, прикрепленные к днищу металлическими уголками. Места крепления шкивов к уголкам смазано для облегчения вращения. Колеса крепятся к шкивам с помощью зажимов, закручиваемых шестигранным ключом. Сверху стены соединяются еще одной пластиной «крышей» для придания конструкции жесткости.

## Установка двигателей

Два коллекторных двигателя прикреплены к стенкам корпуса. К осям двигателя прикреплены колеса. Из двигателей выведены двухжильные провода, вставленные в специальные разъемы на плате контроллера DuinoBot v2.3. Поворачивать аппарат будет «как танк», то есть вращением колес в разных направлениях. Такое решение не очень подходит для колесного транспорта, но так как устройство будет проводить измерения только при езде по прямой, и

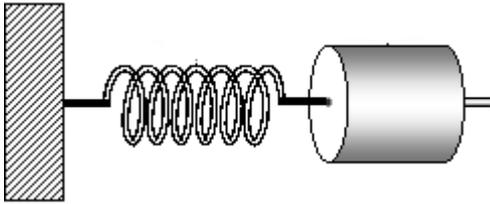


поворачивать оно будет только для возвращения на курс нивелирного хода при отклонениях, то данное решение приемлемо.

## Управление

Управляется аппарат инфракрасным пультом. Сигнал принимает инфракрасный датчик, соединённый с платой контроллера DuinoBot v2.3 двужильным проводом. Обработывает сигнал несложная программа, написанная в среде программирования микроконтроллеров miniBloc.

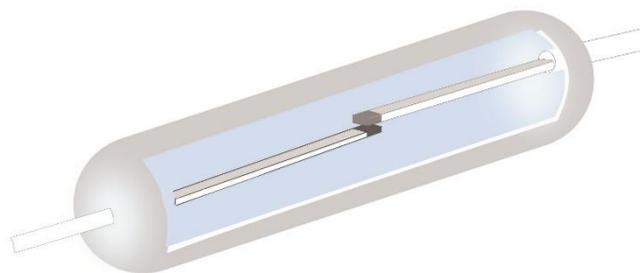
## Исследовательское оборудование

Сбор данных будет осуществляться с помощью акселерометра. Акселерометр – это датчик для измерения ускорения. Обобщенная модель акселерометра представляет собой  груз, прикрепленный к одному из концов пружины. Другой конец пружины прикреплен к объекту, ускорение которого измеряется. Груз может перемещаться только вдоль той же оси, что и пружина. Перемещение груза пропорционально ускорению, действующему на акселерометр. Датчик будет установлен горизонтально по направлению движения автомата. Таким образом при движении автомата по склону холма груз в акселерометре будет отклоняться от положения пропорционально синусу угла наклона устройства. Угол наклона автомата в каждый момент времени будет измеряться по формуле

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{a}{g}\right)$$

Где  $a$  – показания акселерометра,  $g$  – ускорение свободного падения равно  $9,8 \text{ м/с}^2$ . Показания акселерометра будут записываться на карту памяти через каждый оборот колеса. Чтобы зарегистрировать один оборот колеса и записать показания акселерометра на стенку автомата будет установлен герконовый

переключатель. Герконовый переключатель (геркон) – это механический переключатель, приводимый в действие магнитным полем. Он состоит из двух



металлических контактов, помещённых внутри небольшого корпуса, который обычно представляет собой стеклянную капсулу. Контакты являются магнитными и способны перемещаться под действием магнитного поля. Для активации переключателя служит постоянный магнит, закрепленный на колесе автомата. При активации геркона показания акселерометра записываются в карту памяти.

## Обработка данных

Обработка данных будет производиться в программе, написанной в среде Visual Basic 6.0. Показания акселерометра будут загружаться в массив данных. Программа будет выстраивать график из отрезков одинаковой длины. Координаты начала каждого последующего отрезка будут совпадать с координатами конца предыдущего. Формулы для нахождения координат конца отрезка:

$$X2=X1+L * \cos(\alpha[i])$$

$$Y2=Y1+L * \sin(\alpha[i])$$

Где  $X1$ ,  $Y1$  – координаты конца предыдущего отрезка.  $L$  – базовая длина отрезка равная длине окружности колеса.  $\alpha[i]$  – элемент массива, содержащий показания акселерометра за одно измерение.  $i$  – номер элемента массива.

## Оценка погрешности

Диаметр колеса будет измерен штангенциркулем. При диаметре ( $d$ ) колеса примерно семь сантиметров (7 см)  $L$  составит примерно 22 см ( $L=d*\pi$ ). Погрешность измерений при этом равна цене деления прибора (0,1 мм), помноженной на  $\pi$ . Таким образом погрешность на 22 сантиметра пути

составит 0,314 мм, а на 1 километр пути – 1427 мм. Эта погрешность оценена приблизительно, но она дает понять, что данный автомат не подходит для работы на больших расстояниях.

## **Заключение**

Нивелиры-автоматы дают готовый профиль местности и позволяют выполнять работу со значительной скоростью почти при любой погоде. Эти нивелиры пока не получили распространения в практике, возможно, в связи с тем, что для прохождения нивелира требуются особые условия местности, а точность работ ниже, чем при геометрическом нивелировании. Данный нивелир дает возможность почти моментальное получение результата по завершении работ. Полученные результаты могут быть обработаны в прикладной программе. Особенно эффективно их использование при измерении небольших участков местности, предназначенных для ландшафтно-дизайнерских работ. При этом по трудоемкости механические способы самые производительные и экономичные. Но по качеству работ, то есть точности измерений, он все-таки уступает тому же геометрическому нивелированию. При этом использование механического нивелирования в горных районах местности весьма затруднительно.

## Используемая литература

1. Чарльз Платт и Фредерик Янсон «Энциклопедия электронных компонентов» том 3, 2017 г.
2. Е.А. Янченко «Курс лекций по геодезии» Новочеркасск 2014 г.
3. История нивелирования - <http://istgeodez.com/nivelirnyie/>

## Приложение

Текст программы по управлению движением робота:

```
void setup()
{
    initBoard();
    float vel =100;
    float code = 0;
    while(true)
    {
        code = irReceiver.getIRRemoteCode();
        if(((int)(code)==(int)(2)))
        {
            motor0.setPower(vel);
            motor1.setPower(vel);
        }
        else
        {
        }
        if(((int)(code)==(int)(8)))
        {
            motor0.setPower(-(vel));
            motor1.setPower(-(vel));
        }
        else
        {
        }
        if(((int)(code)==(int)(6)))
        {
            motor0.setPower(-(vel));
```

```

        motor1.setPower(vel);
    }
    else
    {
    }
    if(((int)(code)==(int)(4)))
    {
        motor0.setPower(vel);
        motor1.setPower(-(vel));
    }
    else
    {
    }
    if(((int)(code)==(int)(5)))
    {
        motor0.setPower(0);
        motor1.setPower(0);
    }
    else
    {
    }
    delay(200);
}
}

void loop()
{
}

```